



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 36 373 A 1

51 Int. Cl.⁶:
H 01 S 3/131

21 Aktenzeichen: 198 36 373.7
22 Anmeldetag: 11. 8. 98
43 Offenlegungstag: 11. 3. 99

DE 198 36 373 A 1

30 Unionspriorität:
40280/97 22. 08. 97 KR
29585/98 23. 07. 98 KR

71 Anmelder:
Samsung Electronics Co. Ltd., Suwon, Kyungki, KR

74 Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

72 Erfinder:
Park, Bong-Jin, Taegukwangyok, KR; Lee,
Do-Hyung, Taegukwangyok, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Analoge/digitale doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung in optischem Faserverstärker

57 Es wird eine Vorrichtung zur automatischen Steuerung der Ausgabe einer als Erregerlichtquelle in einem mit Erbium dotierten Faserverstärker (EDFA) verwendete Pump-Laserdiode vorgesehen.
Die automatische Leistungsregelungsvorrichtung kann ein an einem Ausgangsanschluß in einem optischen Faserverstärker ausgegebenes, optisches Signal stabilisieren durch Auswahl einer ersten Feedback-Steuerungsschleife oder einer zweiten Feedback-Steuerungsschleife unter Benutzung einer in eine Laserdiode vorgesehenen Photodiode, und durch Steuerung eines von der Pump-Laserdiode ausgegebenen, optischen Erregersignals auf der Basis der Intensität eines durch die ausgewählte Feedback-Steuerungsschleife erkannten, optischen Ausgangssignals in einem analogen oder digitalen, doppelt-automatischen Verfahren.

DE 198 36 373 A 1

1. Feld der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen optischen Faserverstärker, und besonders auf eine Vorrichtung für die automatische Steuerung der Ausgabe einer Pump-Laserdiode (LD), die als eine Erregerlichtquelle in einem mit Erbium dotierten Faserverstärker (EDFA) benutzt wird.

2. Stand der Technik

Ein optischer Faserverstärker verstärkt allgemein ein schwaches, optisches Signal an einer vorbestimmten Entfernung von einem Sender, so daß ein aus einem elektrischen Signal gewandeltes, optisches Signal stabil auf einem Übertragungsmedium, d. h. einer optischen Faser, zu einem beabsichtigten Ziel übertragen werden kann. Er spielt in der optischen Kommunikation mit Vor- und Leistungsverstärkung eine signifikante Rolle und ist zwischen einem Sender/Empfänger und einer optischen Leitung positioniert. Anstrengungen wurden unternommen, um die Ausgabe eines optischen Übertragungssignals unter Benutzung eines optischen Faserverstärkers zu stabilisieren.

Als einer dieser Anstrengungen wird ein Verfahren zur Stabilisierung der Ausgabe einer Pump-LD offengelegt, die verwendet wird, um ein optisches Übertragungssignal in dem optischen Faserverstärker in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu verstärken. Vor der Beschreibung der vorliegenden Erfindung werden konventionelle, automatische Leistungsregelungsvorrichtungen für die Stabilisierung der Ausgabe einer Pump-LD mit Bezug auf Fig. 1, 2, 3 und 4 kurz beschrieben.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm einer konventionellen automatischen Leistungsregelungsvorrichtung mit Benutzung einer Photodiode (PD) in einer Pump-LD. Eine PD 116 in einer Pump-LD 110 erkennt ein optisches Erregersignal ②, das von der Pump-LD 110 einem Wellenlängenmultiplexer (WDM) 104 zugeführt wird, wandelt das erkannte, optische Signal in ein elektrisches Signal um und übergibt das elektrische Signal einer Pump-LD-Stromsteuerung 114. Die Pump-LD-Stromsteuerung 114 übergibt einen Steuerungsstrom an einen Pump-LD-Stromtreiber 112, um die Ausgabe der Pump-LD zu steuern.

Die Pump-LD-Stromsteuerung 114 vergleicht den Strompegel des von der PD 116 empfangenen elektrischen Signals mit einem von einem Benutzer eingestellten Pegel und steuert die Intensität des von der Pump-LD 110 abgegebenen, optischen Erregersignals aufgrund des Vergleichsergebnisses. Daher ist dies eine Art von Regelungsschaltkreis.

Die obige automatische Leistungsregelung ist vorteilhaft dadurch, daß die Ausgabe der Pump-LD 110 konstant gehalten wird, ohne Berücksichtigung der Veränderung der externen Temperatur oder der Intensität eines in den optischen Faserverstärker eingegebenen, optischen Übertragungssignals, und dadurch wird die Betriebsdauer der Pump-LD 110 verlängert.

Jedoch wird ein Ausgangsausgabe an einem Ausgangsanschluß 120 instabil, weil veränderte Kennwerte der Vorrichtungen (d. h. einem ersten optischen Isolator 102, dem WDM 104, einer mit Erbium dotierten Faser 106 und einem zweiten optischen Isolator 108) im Gegensatz zu den das optische Erregersignal erzeugenden Vorrichtungen wegen Temperaturschwankungen nicht kompensiert werden. Ferner verändert eine schwankende Intensität des von einem Eingangsanschluß 100 empfangenen, optischen Übertragungssignals die Ausgabe am Ausgangsanschluß 120 instabil.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm einer anderen konventionellen, automatischen Leistungsregelungsvorrichtung, die eine PD an einem Ausgangsende (im Folgenden als eine Ausgangs-PD bezeichnet) in einem optischen Faserverstärker verwendet. Mit Bezug auf Fig. 2 teilt eine Ausgangsanszapfung 210 ein optisches Übertragungssignal mit einem vorbestimmten Verhältnis zwischen einem Ausgangsanschluß 212 und einer Ausgangs-PD 214 auf. Die Ausgangs-PD 214 wandelt das von der Ausgangsanszapfung 210 empfangene, optische Signal in ein elektrisches Signal um und führt das elektrische Signal einer Pump-LD-Stromsteuerung 216 zu. Die Pump-LD-Stromsteuerung 216 gibt einen Steuerungsstrom an einen Pump-LD-Stromtreiber 218 ab, um die Ausgabe einer Pump-LD 220 zu steuern.

Die Pump-LD-Stromsteuerung 216 vergleicht den Strompegel des von der Ausgangs-PD 214 empfangenen, elektrischen Signals mit einem durch einen Benutzer voreingestellten Pegel und steuert die Intensität des von der Pump-LD abgegebenen, optischen Erregersignals aufgrund des Vergleichsergebnisses, und dadurch wird ein vom Ausgangsanschluß 212 abgegebenes, optisches Übertragungssignal stabilisiert. Daher ist dies auch eine Art von Regelungsschaltkreis.

Im Gegensatz zur in Fig. 1 gezeigten automatischen Leistungsregelungsvorrichtung kann selbst dann, wenn die Kennwerte der Vorrichtungen (d. h. einem ersten optischen Isolator 202, dem WDM 204, einer EDF 206 und einem zweiten optischen Isolator 208) außer den obigen, das optische Erregersignal erzeugenden Vorrichtungen wegen Temperaturschwankungen oder Intensitätsschwankungen eines extern in den optischen Faserverstärker eingegebenen, optischen Übertragungssignals verändert werden, die Intensität des von der Pump-LD 220 abgegebenen, optischen Erregersignals passend eingestellt werden, und so kann das am Ausgangsanschluß 212 abgegebene, optische Übertragungssignal stabilisiert werden.

Fall jedoch ein extern in den optischen Faserverstärker eingegebenes, sehr schwaches, optisches Übertragungssignal zu einem schwachen, optischen Übertragungssignal am Ausgangsanschluß 212 führt, sollte das von der Pump-LD 220 ausgegebene, optische Erregersignal in der Intensität verstärkt werden. Zu diesem Zweck sollte die Pump-LD-Stromsteuerung 216 einen größeren Betrag an negativem Steuerungsstrom zuführen und dadurch der Pump-LD 220 eine schwere Last aufbürden und so die Betriebsdauer der Pump-LD 220 verkürzen.

Fig. 3 ist ein Blockdiagramm einer dritten, konventionellen, digitalen, automatischen Leistungsregelungsvorrichtung, die eine Ausgangs-PD in einem optischen Faserverstärker verwendet. Unter Bezug auf Fig. 3 erkennt eine Ausgangs-PD 318 einen Teil einer Ausgabe, die durch eine Ausgangsanszapfung 310 abgeteilt wird. Ein A/D-Wandler (Analog-Digital-Wandler) 324 wandelt das von der Ausgangs-PD 318 empfangene, optische Signal von der Ausgangs-PD 318 in ein di-

giales Signal um. Ein Mikroprozessor 328 vergleicht den Wert des von dem A/D-Wandler 324 empfangenen, digitalen Signals mit einem vorbestimmten Bezugsausgabewert, führt eine negative Feedback-Operation durch, falls der digitale Wert größer als der Bezugsausgangswert ist, und gibt ein Steuerungssignal an einen D/A-Wandler (Digital-Analog-Wandler) 326 aus, um den Ausgabepegel zu reduzieren. Falls der digitale Wert kleiner als der Bezugsausgangswert ist, gibt der Mikroprozessor 328 ein Steuerungssignal an den D/A-Wandler 326 infolge der negativen Feedback-Operation aus, um den Ausgabepegel zu erhöhen. Der D/A-Wandler 326 wandelt die digitalen Werte in analoge Signale um. Die analogen Signale aktivieren einen Pump-LD-Stromtreiber 320 derart, daß die Ausgabe einer Pump-LD 314 reduziert oder erhöht wird, und so der Ausgabewert des optischen Faserverstärkers konstant bleibt. Falls der Pegel eines von einem Pump-LD-Vorstromsensors 316 erfaßten und von einem A/D-Wandler 322 in ein digitales Signal umgewandelten Vorstroms größer als ein entsprechend den Kennwerten der Pump-LD 314 voreingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, wird die Steuerungsoperation beendet. Wenn in dieser automatischen Leistungsregelungsvorrichtung die Ausgangsanzapfung 310 oder die Ausgangs-PD 318 defekt sind, wird die Pump-LD 314 zerstört, was manchmal zu einem Versagen in dem Übertragungssystem führt. Deshalb ist die Zuverlässigkeit der automatischen Leistungsregelungsvorrichtung reduziert.

Fig. 4 ist ein Flußdiagramm einer automatischen Leistungsregelungsvorrichtung, das durch den in Fig. 3 gezeigten Mikroprozessor 328 durchgeführt wird. Eine detaillierte Beschreibung des Flußdiagramms wird hier weggelassen, da es ähnlich dem von Fig. 7 ist.

Zusammenfassung der Erfindung

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine analoge/digitale, automatische Leistungsregelungsvorrichtung in einem optischen Faserverstärker vorzusehen, in dem die Ausgabe einer Pump-Laserdiode, die eine Erregerlichtquelle ist, unter Verwendung sowohl einer Photodiode in der Pump-Laserdiode als auch einer Photodiode am Ausgangsende gesteuert wird, um die Ausgabe des optischen Faserverstärkers zu stabilisieren.

Um das obige Ziel zu erreichen, wird eine analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung in einem optischen Faserverstärker vorgesehen. Der optische Faserverstärker hat zwei optische Isolatoren, die jeweils am Eingang und am Ausgang angeordnet sind, um Rückwärtsstoßwellen eines optischen Übertragungssignals zu verhindern, einen Wellenlängenmultiplexer (WDM) zum Multiplexen eines extern eingegebenen, optischen Übertragungssignals und eines optischen Erregersignals, eine Pump-Laserdiode (LD) zum Erzeugen des Erregersignals, und eine Ausgangsanzapfung am Ausgangsende zum Aufteilen eines verstärkten, optischen Signals mit einem vorbestimmten Verhältnis. In der analogen, doppelt-automatischen Leistungsregelungsvorrichtung treibt ein Pump-LD-Steuerungsabschnitt die Pump-LD, um das optische Erregersignal auszugeben, und steuert automatisch die Intensität des Erregersignals aufgrund des Pegels eines zurückgeführten Signals. Ein erster Feedback-Steuerungsabschnitt erkennt ein optisches Signal, das von der Ausgangsanzapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt ist, wandelt das optische Signal in ein elektrisches Signal um und führt das elektrische Signal an den Pump-LD-Steuerungsabschnitt. Ein zweiter Feedback-Steuerungsabschnitt erkennt das von dem Pump-LD-Steuerungsabschnitt ausgegebene, optische Erregersignal, wandelt das optische Erregersignal in ein elektrisches Signal um und führt das elektrische Signal dem Pump-LD-Steuerungsabschnitt zu. Ein Schalter schaltet, um eines der ersten oder zweiten Feedback-Steuerungsabschnitte mit dem Pump-LD-Steuerungsabschnitt zu verbinden. Ein Schaltersteuerungsabschnitt erkennt einen durch die Pump-LD fließenden Strom, vergleicht den erkannten Strompegel mit einem vorbestimmten Bezugspegel und erzeugt ein Schaltersteuerungssignal zum Schalter aufgrund des Vergleichsergebnisses, um den Schalter zu veranlassen, einen der zwei Feedback-Steuerungsabschnitte auszuwählen.

Nach einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung in einem optischen Faserverstärker vorgesehen. Der optische Faserverstärker hat zwei optische Isolatoren, die jeweils am Eingang und am Ausgang angeordnet sind, um Rückwärtsstoßwellen eines optischen Übertragungssignals zu verhindern, einen Wellenlängenmultiplexer (WDM) zum Multiplexen eines extern eingegebenen, optischen Übertragungssignals und eines optischen Erregersignals, eine Pump-LD zum Erzeugen des Erregersignals, und eine Ausgangsanzapfung am Ausgangsende zum Aufteilen eines verstärkten, optischen Signals mit einem vorbestimmten Verhältnis. In der digitalen, doppelt-automatischen Leistungsregelungsvorrichtung wandelt ein Pump-LD-Steuerungsabschnitt ein digitales Steuerungssignal in ein analoges Signal um und führt einen Treiberstrom aufgrund des analogen Signals der Pump-LD zu, um die Pump-LD zu veranlassen, ein geeignetes, optisches Erregersignal auszugeben. Ein erster Feedback-Steuerungsabschnitt erkennt ein optisches Signal, das von der Ausgangsanzapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt ist, wandelt das optische Signal in ein analoges Signal um und wandelt das analoge Signal in ein digitales Signal um. Ein zweiter Feedback-Steuerungsabschnitt erkennt das von der Pump-LD ausgegebene, optische Erregersignal, wandelt das Erregersignal in ein analoges Signal um und wandelt das analoge Signal in ein digitales Signal um. Ein Pump-LD-Vorstromsensorabschnitt erkennt einen Vorstrom der Pump-LD und wandelt das erkannte, analoge Signal in ein digitales Signal um. Ein Mikroprozessor vergleicht den Pegel des von dem Pump-LD-Vorstromsensorabschnitt empfangenen, digitalen Signals mit einem vom Benutzer eingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert. Entsprechend dem Vergleichsergebnis steuert der Mikroprozessor die Intensität des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals aufgrund des von dem ersten Feedback-Steuerungsabschnitt empfangenen, digitalen Signals und einem anfangs eingestellten Bezugsausgangswert, um dadurch ein optisches Ausgangssignal konstant zu halten, oder führt das digitale Steuerungssignal dem Pump-LD-Treiberabschnitt zu, um das optische Erregersignal der Pump-LD aufgrund des von dem zweiten Feedback-Steuerungsabschnitt empfangenen, digitalen Signals und einem anfangs von einem Benutzer eingestellten Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert konstant zu halten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die obigen Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlicher werden durch die detaillierte Beschrei-

bung ihrer bevorzugten Ausführungsformen mit Bezug auf die angefügten Zeichnungen, in denen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm einer konventionellen, analogen, automatischen Leistungsregelungsvorrichtung ist, die eine Pump-Laserdiode in einem optischen Faserverstärker verwendet;

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer anderen konventionellen, analogen, automatischen Leistungsregelungsvorrichtung ist, die eine Photodiode am Ausgang in einem optischen Faserverstärker verwendet;

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer anderen konventionellen, digitalen, automatischen Leistungsregelungsvorrichtung ist, die eine Photodiode am Ausgang in einem optischen Faserverstärker verwendet;

Fig. 4 ein Flußdiagramm ist, das eine digitale, automatische Leistungsregelungsoperation eines in Fig. 3 gezeigten Mikroprozessors zeigt;

Fig. 5 ein Blockdiagramm eines optischen Faserverstärker ist, der eine analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat;

Fig. 6 ein Blockdiagramm eines optischen Faserverstärker ist, der eine analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat; und

Fig. 7 ein Flußdiagramm ist, das eine digitale, automatische Leistungsregelungsoperation eines in Fig. 6 gezeigten Mikroprozessors zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Detail mit Bezug auf die angefügten Zeichnungen beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung einer bekannten Funktion oder Struktur der vorliegenden Erfindung wird vermieden, wenn sie den Gegenstand der vorliegenden Erfindung eher verschleiert.

Fig. 5 ist ein Blockdiagramm eines optischen Faserverstärker, der eine analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat. Mit Bezug auf Fig. 5 verbindet ein Eingangsanschluß 500 eine äußere optische Faser mit einer inneren optischen Faser in dem optischen Faserverstärker. Ein optisches Übertragungssignal wird über den Eingangsanschluß 500 einem ersten optischen Isolator 502 zugeführt. Der erste optische Isolator 502 mit einem Eingangsanschluß und einem Ausgangsanschluß funktioniert so, daß ein optisches Signal mit einem vorbestimmten Wellenlängenbereich durchgelassen und eine Rückwärtsstoßwelle eines optischen Signals vom Ausgangsende zum Eingangsende verhindert wird. So wird eine Rückwärtsstoßwelle von verstärkten spontanen Emissionen (ASE, amplified spontaneous emission) einer EDF 506 verhindert, und dadurch werden wiederum Verzerrungen eines eingegebenen, optischen Signals verhindert.

Ein WDM 504 multiplext optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen, d. h. ein von dem ersten optischen Isolator 502 empfangenes, optisches Übertragungssignal ① und ein von einer Pump-LD 532 über einen anderen Eingangsanschluß empfangenes, optisches Erregersignal ②. Die Wellenlängen des optischen Übertragungssignals ① und des optischen Erregersignals ② sind 1550 nm bzw. 980 oder 1480 nm. Das optische Erregersignal ② wird durch Treiben eines Pump-LD-Stromtreibers 530 unter Steuerung einer Pump-LD-Stromsteuerung 528 gesteuert.

Dann verstärkt die EDF 506 ein von dem WDM 504 empfangenes gemultiplextes, optisches Signal. Hier wird die EDF 506 erhalten durch Dotierung einer optischen Faser mit Erbium (Atomzahl 68), das ein Seltene-Erde-Metall ist, eine hohe optische Energieabsorptionsrate bei einer spezifischen Wellenlänge wie etwa 800, 980 und 1480 nm aufweist und ein Dispersionspektrum mit einer Bandbreite von 60 nm bei einer spezifischen Wellenlänge (1550 nm) hat. Das verstärkte, optische Signal wird über einen zweiten optischen Isolator 508 einer Ausgangsanszapfung 510 zugeführt. Die Ausgangsanszapfung 510 teilt das empfangene, optische Signal mit einem vorbestimmten Verhältnis von $n : m$ ($n = 0,001$, $0,1$ oder $0,2$, $m = 0,99$, $0,9$ oder $0,8$ und $n+m = 1$) auf. Die Ausgabe n wird einer Ausgangs-PD 516 zugeführt, um die Intensität des optischen Übertragungssignals zu erkennen, und die Ausgabe m wird über einen Ausgangsanschluß 512 auf eine äußere optische Faser aufgebracht.

Eine analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsschleife nach der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird wie folgt beschrieben.

In einer ersten Feedback-Steuerungsschleife über die Ausgangs-PD 516 wird das von der Ausgangsanszapfung 510 ausgegebene, optische Signal durch die Ausgangs-PD 516 in ein elektrisches Signal umgewandelt und über einen Schalter 526 einer Pump-LD-Stromsteuerung 528 zugeführt. Die Pump-LD-Stromsteuerung 528 vergleicht den gegenwärtigen Pegel des empfangenen elektrischen Signals mit einem durch einen Benutzer voreingestellten Pegel und steuert die Intensität des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals ② auf der Basis des Vergleichssignals, um dadurch das am Ausgangsanschluß 510 ausgegebene, optische Signal zu stabilisieren.

In einer zweiten Feedback-Steuerungsschleife wird das von der Pump-LD 532 an den WDM 504 abgegebene, optische Erregersignal ② erkannt und durch eine PD 514 in der Pump-LD 532 in ein elektrisches Signal umgewandelt und der Pump-LD-Stromsteuerung 528 über den Schalter 526 zugeführt. Dann vergleicht die Pump-LD-Stromsteuerung 528 den gegenwärtigen Pegel des elektrischen Signals mit einem durch einen Benutzer voreingestellten Pegel und steuert die Intensität des von der Pump-LD 532 ausgegebenen, optischen Erregersignals ②.

Für die effiziente Steuerung der obigen Feedback-Steuerungsschleifen wird eine Schaltersteuerungseinheit vorgesehen, um den von den beiden Feedback-Steuerungsschleifen gemeinsam benutzten Schalter 526 zu steuern. Die Schaltersteuerungseinheit 520 enthält einen Stromsensor 518, einen Vergleichler 522, einen Bezugswertgenerator 520 und eine Steuerung 524. Ein durch die Pump-LD 532 fließender Strom wird durch den Stromsensor 518 erkannt und an den Vergleichler 522 ausgegeben. Der Vergleichler 522 vergleicht den empfangenen Strompegel mit einem von dem Bezugswertgenerator 520 empfangenen Bezugspegel und gibt, je nachdem der Strompegel größer oder kleiner als der Bezugspegel ist, entsprechend einen mit dem jeweiligen der zwei Fälle korrespondierenden Wert an die Steuerung 524 aus. Die Steuerung 524 erzeugt ein Schaltersteuerungssignal für den Schalter 526 auf der Basis des empfangenen Wertes. Falls das von dem Vergleichler 522 ausgegebene Vergleichsergebnis auf (+)-Pegel liegt, bestimmt die Steuerung 524, daß die Ausgabe des Stromsensors 518 kleiner als der Bezugspegel ist, und erzeugt ein Schaltersteuerungssignal zum Schalten des Schalters 526 zur ersten Feedback-Steuerungsschleife, d. h. zur Ausgangsanszapfung 510 – Ausgangs-PD 516 –

Schalter 526 – Pump-LD-Stromsteuerung 528 – Pump-LD-Stromtreiber 530.

Falls andererseits das Vergleichsergebnis auf (–)-Pegel liegt, bestimmt die Steuerung 524, daß die Ausgabe des Stromsensors 518 größer als der Bezugspegel ist, und erzeugt ein Schaltersteuerungssignal zum Schalten des Schalters 526 zur zweiten Feedback-Steuerungsschleife, d. h. zur Pump-LD 532 – PD 514 – Schalter 526 – Pump-LD-Stromsteuerung 528 – Pump-LD-Stromtreiber 530.

Fig. 6 ist ein Blockdiagramm eines optischen Faserverstärkers mit einer digitalen, doppelt-automatischen Leistungsregelungsvorrichtung nach einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Mit Bezug auf Fig. 6 enthält die digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung einen ersten optischen Isolator 602 zur Verhinderung der Rückwärtsstoßwellen von ASE einer EDF 606. Ein WDM 604 multiplext optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen von unterschiedlichen Eingangsanschlüssen und gibt das gemultiplexte Signal an einen optischen Faseranschluß aus. Die mit der Seltenen Erde dotierte optische Faser 606 strahlt ein erregtes, optisches Signal ab, ein zweiter optischer Isolator 608 blockiert ein von einer Ausgangsanszapfung 610 oder einem Ausgangsanschluß 612 reflektiertes, optisches Signal und die optische Ausgangsanszapfung 610 teilt ein ausgegebenes, optisches Signal auf. Eine Pump-LD 628 erzeugt ein optisches Erregersignal, eine Ausgangs-PD 618 erkennt die Intensität des ausgegebenen, optischen Signals, und ein Pump-LD-Vorstromsensor 616 erkennt einen Vorstrom der Pump-LD 628. Ein erster A/D-Wandler 632 wandelt das von der Ausgangs-PD 618 empfangene, analoge Signal in ein digitales Signal um, ein zweiter A/D-Wandler 630 wandelt ein von einer PD 614 in der Pump-LD 628 empfangenes, analoges Signal in ein digitales Signal um, und ein dritter A/D-Wandler 620 wandelt ein von dem Pump-LD-Vorstromsensor 616 empfangenes, analoges Signal in ein digitales Signal um. Ein Mikroprozessor 622 erzeugt ein Steuerungssignal, um die Ausgabe des optischen Faserverstärkers oder das optische Erregersignal der Pump-LD 628 konstant zu machen. Die Pump-LD 628 sieht Energie für die EDF 606 vor, die PD 614 ist in der Pump-LD 628 angeordnet, um die optische Ausgabe der Pump-LD 628 zu erkennen, und ein Pump-LD-Stromtreiber 626 treibt die Pump-LD 628. Ein D/A-Wandler 624 wandelt das von dem Mikroprozessor 622 empfangene Steuerungssignal in ein analoges Signal um, um den Pump-LD-Stromtreiber 626 zu aktivieren.

Für die Beschreibung der digitalen, doppelt-automatischen Leistungsregelungsvorrichtung nach Einheiten, wandelt der D/A-Wandler 624 das von dem Mikroprozessor 622 empfangene, digitale Steuerungssignal in ein analoges Signal um, und der Pump-LD-Stromtreiber 626 führt einen Treiberstrom der Pump-LD 628 auf der Basis des Analogsignals zu, so daß die Pump-LD 628 in einer Pump-LD-Einheit ein geeignetes, optisches Erregersignal erzeugt. In einer ersten Feedback-Steuerungseinheit erkennt die Ausgangs-PD 618 ein optisches Signal, das durch die Ausgangsanszapfung 610 mit einem vorbestimmten Verhältnis abgeteilt wird, und der erste A/D-Wandler 632 wandelt das analoge Signal in ein digitales Signal um und führt das digitale Signal dem Mikroprozessor 622 zu. In einer zweiten Feedback-Steuerungseinheit erkennt die PD 614 das von der Pump-LD 628 ausgegebene, optische Erregersignal und wandelt das optische Erregersignal in ein analoges Signal um, und der zweite A/D-Wandler 630 wandelt das analoge Signal in ein digitales Signal um und führt das digitale Signal dem Mikroprozessor 622 zu. In einer Pump-LD-Stromsensoreinheit erkennt der Pump-LD-Vorstromsensor 616 einen Vorstrom der Pump-LD 628, und ein dritter A/D-Wandler wandelt das analoge Signal in ein digitales Signal um und führt das digitale Signal dem Mikroprozessor 622 zu. Der Mikroprozessor 622 vergleicht den Wert des von der Pump-LD-Vorstromsensoreinheit empfangenen, digitalen Signals mit einem durch den Benutzer voreingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert. Entsprechend dem Vergleichsergebnis steuert der Mikroprozessor 622 das von der Pump-LD 628 ausgegebene, optische Erregersignal auf der Basis des von der ersten Feedback-Steuerungseinheit empfangenen, digitalen Signals und einem zu Anfang eingestellten Bezugs-EDFA-Ausgabewert, um dadurch das am Ausgangsanschluß 612 abgegebene, optische Signal zu stabilisieren. Oder der Mikroprozessor 622 hält entsprechend dem Vergleichsergebnis das von der Pump-LD 628 ausgegebene, optische Erregersignal auf der Basis eines von der zweiten Feedback-Steuerungseinheit empfangenen und eines durch den Benutzer voreingestellten Bezugs-Pump-LD-Ausgabewerts konstant.

Der Mikroprozessor 622 vergleicht den durch den Pump-LD-Vorstromsensor 616 erkannten Pump-LD-Vorstrom mit einem anfangs voreingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert, und steuert automatisch die Leistung unter Benutzung der Ausgangs-PD 618, falls der Vorstromwert kleiner als der Vorstromgrenzwert ist. Falls der Vorstromwert größer als der Vorstromgrenzwert ist, steuert der Mikroprozessor 622 die Leistung automatisch unter Benutzung der PD 614 in der Pump-LD 628. Um es mit größerer Genauigkeit zu beschreiben: der Mikroprozessor 622 setzt einen Bezugs-EDFA-Ausgabewert, einen Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert und einen Pump-LD-Vorstromgrenzwert auf ihre Anfangswerte, und liest die Ausgabe des EDFA über den ersten A/D-Wandler 632. Falls der Pump-LD-Vorstromwert kleiner als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, liest der Mikroprozessor 622 die Ausgabe der Ausgangs-PD 618 über den ersten A/D-Wandler 632 und steuert die Ausgabe des EDFA, so daß sie gleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert ist. Falls der Mikroprozessor 622 einen EDFA-Ausgabewert über den ersten A/D-Wandler 632 liest, dann einen Pump-LD-Vorstromwert mit dem Pump-LD-Vorstromgrenzwert vergleicht, und feststellt, daß der Pump-LD-Vorstromwert größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, dann liest der Mikroprozessor 622 die Ausgabe der PD 614 über den zweiten A/D-Wandler 630 und steuert die Pump-LD-Ausgabe so, daß sie gleich dem Bezugs-Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist. Falls der Pump-LD-Vorstromwert selbst bei dem umgeschalteten Steuerungsverfahren unter Benutzung der PD 614 größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, dann wird die Steuerungsoperation beendet.

Mit Bezug auf Fig. 6 und 7 wird die automatische Leistungsregelungsoperation des Mikroprozessors 622 im Detail beschrieben. Wenn die Versorgungsspannung an den EDFA angelegt wird, beginnt der Mikroprozessor 622 in Schritt 700 den Betrieb und setzt in Schritt 701 einen Bezugs-EDFA-Ausgabewert, einen Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert und einen Pump-LD-Vorstromgrenzwert auf die Anfangswerte. Der Mikroprozessor 622 empfängt in Schritt 702 einen EDFA-Ausgabewert von einem ersten A/D-Wandler 632. In Schritt 703 vergleicht der Mikroprozessor 622 einen über den Pump-LD-Vorstromsensor 616 und den dritten A/D-Wandler 620 empfangenen Pump-LD-Vorstrompegel mit dem anfänglichen Pump-LD-Vorstromgrenzwert. Falls der erstere größer als der letztere ist, verzweigt die Prozedur zu Schritt 708. Falls andererseits der erstere nicht größer als der letztere ist, verzweigt die Prozedur zu Schritt 704. In Schritt 704 wird der Bezugs-EDFA-Ausgabewert mit dem in Schritt 702 gelesenen EDFA-Ausgabewert verglichen. Falls sie gleich sind,

kehrt die Prozedur zu Schritt 702 zurück. Falls sie unterschiedlich sind, wird in Schritt 705 bestimmt, ob der Bezugs-EDFA-Ausgabewert größer als der EDFA-Ausgabewert ist. Falls der erstere größer als der letztere ist, wird in Schritt 706 die Ausgabe des D/A-Wandlers 624 um einen Schritt vergrößert, so daß die EDFA-Ausgabe um einen Schritt vergrößert wird und sich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert annähert. Dann kehrt die Prozedur zu Schritt 702 zurück. Falls im Gegensatz die EDFA-Ausgabe größer als der Bezugs-EDFA-Ausgabewert ist, wird in Schritt 707 die Ausgabe des D/A-Wandlers 624 um einen Schritt verkleinert, so daß die EDFA-Ausgabe um einen Schritt verkleinert wird und sich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert annähert, und dann kehrt die Prozedur zu Schritt 702 zurück. Die Prozedur geht wiederholt von Schritt 704 zurück zu Schritt 702 unter der Bedingung, daß in Schritt 703 der Pump-LD-Vorstrom nicht größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, und die EDFA-Ausgabe ist gleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert. So kann die EDFA-Ausgabe jederzeit gleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert gehalten werden. Die Prozedur kehrt wiederholt von Schritt 706 oder Schritt 707 zurück zu Schritt 702 unter der Bedingung, daß der Pump-LD-Vorstrompegel in Schritt 703 nicht größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert und die EDFA-Ausgabe in Schritt 704 ungleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert ist, um dadurch die EDFA-Ausgabe sofort gleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert zu machen. Wenn zu irgendeinem Zeitpunkt während der wiederholten Prozedur der Pump-LD-Vorstrompegel größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, verzweigt die Steuerung 622 zu Schritt 708. In Schritt 708 wird ein Pump-LD-Ausgabewert, der in dem Moment erreicht wird, in dem der Pump-LD-Vorstrom in Schritt 703 größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, als ein Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert gesetzt. In Schritt 709 wird die Ausgabe der Pump-LD 628 über den zweiten A/D-Wandler 630 gelesen. In Schritt 710 wird der Pump-LD-Vorstrompegel mit einem Bezugs-Pump-LD-Vorstrom verglichen. Falls der erstere größer als der letztere ist, wird die Steuerungsprozedur in Schritt 715 abgeschlossen. Falls der erstere nicht größer als der letztere ist, dann wird in Schritt 711 der Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert mit einem Pump-LD-Ausgabewert verglichen. Falls sie gleich sind, kehrt die Prozedur zu Schritt 719 zurück. Falls sie unterschiedlich sind, wird in Schritt 712 bestimmt, ob der Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert größer als der Pump-LD-Ausgabewert ist. Falls der erstere größer als der letztere ist, wird die Ausgabe des D/A-Wandlers 624 um einen Schritt vergrößert, so daß die Pump-LD-Ausgabe um einen Schritt vergrößert wird und sich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert annähert, und dann kehrt die Prozedur zu Schritt 709 zurück. Falls die Pump-LD-Ausgabe größer als der Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, wird die Ausgabe des D/A-Wandlers 624 um einen Schritt verkleinert, so daß die Pump-LD-Ausgabe um einen Schritt verkleinert wird und sich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert annähert, und dann kehrt die Prozedur zu Schritt 709 zurück. Die Steuerung 622 geht wiederholt von Schritt 711 zurück zu Schritt 709 unter der Bedingung, daß in Schritt 710 der Pump-LD-Vorstrompegel nicht größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert und die Pump-LD-Ausgabe gleich dem Bezugs-EDFA-Ausgabewert ist, um dadurch die Pump-LD-Ausgabe jederzeit gleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert zu halten. Die Steuerung kehrt wiederholt von Schritt 713 oder Schritt 714 zurück zu Schritt 709 unter der Bedingung, daß der Pump-LD-Vorstrompegel in Schritt 710 nicht größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert und die Pump-LD-Ausgabe ungleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, um dadurch die Pump-LD-Ausgabe sofort gleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert zu machen. Wenn bei Wiederholung der Prozedur der Pump-LD-Vorstrompegel in Schritt 710 größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, wird die Steuerungsoperation in Schritt 715 beendet.

Zusammengefaßt kann die vorliegende Erfindung ein an einem Ausgangsanschluß in einem optischen Faserverstärker ausgegebenes, optisches Signal stabilisieren, durch Auswählen einer ersten Feedback-Steuerungsschleife mit Benutzung einer Ausgangs-PD oder einer zweiten Feedback-Steuerungsschleife mit Benutzung einer in einer Pump-LD vorgesehenen PD, und durch Steuerung eines von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals auf der Basis der Intensität eines durch die ausgewählte Feedback-Steuerungsschleife erkannten, optischen Ausgabesignals in einem analogen oder digitalen, doppelt-automatischen Steuerungsverfahren.

Wie oben beschrieben, hat die vorliegende Erfindung die Vorteile: (1) die automatische Leistungsregelung unter Benutzung einer Ausgangs-PD führt zu einer stabilen Ausgabe des optischen Faserverstärkers trotz einer möglichen Schwankung der Leistung des eingegebenen, optischen Signals und der Temperatur; (2) der Steuerungsmodus unter Benutzung der Ausgangs-PD geht automatisch in einen Steuerungsmodus unter Benutzung einer in einer Pump-LD vorgesehenen PD über, wenn fehlerhafte Teile zu einem Systemversagen führen, und dadurch wird die Systemzuverlässigkeit erhöht; und (3) eine digitale, automatische Leistungsregelung wie in der zweiten Ausführungsform hält den optischen Faserverstärker kompatibel zu einer veränderten Umwelt und ermöglicht eine Schnittstelle zwischen dem optischen Faserverstärker und der Außenwelt.

Während die vorliegende Erfindung im Detail mit Bezug auf spezifische Ausführungsformen beschrieben wurde, sind sie bloß beispielhafte Anwendungen. So ist klar zu verstehen daß viele Veränderungen durch einen in der Technik Bewanderten gemacht werden können, ohne vom Geist und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung in einem optischen Faserverstärker mit zwei optischen Isolatoren, die jeweils am Eingang und am Ausgang angeordnet sind, um Rückwärtsstoßwellen eines optischen Übertragungssignals zu verhindern, einem Wellenlängenmultiplexer (WDM) zum Multiplexen eines extern eingegebenen, optischen Übertragungssignals und eines optischen Erregersignals, einer Pump-Laserdiode (LD) zum Erzeugen des Erregersignals, und einer Ausgangsanszapfung am Ausgangsende zum Aufteilen eines verstärkten, optischen Signals mit einem vorbestimmten Verhältnis, und die analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung enthält:
 - einen Pump-LD-Steuerungsabschnitt zum Treiben der Pump-LD, um das optische Erregersignal aus zugeben, und zum automatischen Steuern der Intensität des Erregersignals auf der Basis des Pegels eines zurückgeführten Signals;
 - einen ersten Feedback-Steuerungsabschnitt zur Erkennung eines optischen Signals, das von der Ausgangsanszapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt ist, zum Umwandeln des optischen Signals in ein elektrisches Signal und zur Übergabe des elektrischen Signal an den Pump-LD-Steuerungsabschnitt;

- einen zweiten Feedback-Steuerungsabschnitt zur Erkennung des von dem Pump-LD-Steuerungsabschnitt ausgegebenen, optischen Erregersignals, zum Umwandeln des optischen Erregersignals in ein elektrisches Signal und zur Übergabe des elektrischen Signals an den Pump-LD-Steuerungsabschnitt;
einen Schalter zum Schalten, um einen der ersten oder zweiten Feedback-Steuerungsabschnitte mit dem Pump-LD-Steuerungsabschnitt zu verbinden; und
einen Schaltersteuerungsabschnitt zur Erkennung eines durch die Pump-LD fließenden Stroms, zum Vergleichen des erkannten Strompegels mit einem vorbestimmten Bezugspegel und zum Erzeugen eines Schaltersteuerungssignals zum Schalter auf der Basis des Vergleichsergebnisses, um den Schalter zu veranlassen, einen der zwei Feedback-Steuerungsabschnitte auszuwählen.
2. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Pump-LD-Steuerungsabschnitt enthält:
einen Pump-LD-Stromtreiber zum Treiben der Pump-LD; und
eine Pump-LD-Stromsteuerung zum Zuführen eines Steuerungssstroms an den Pump-LD-Stromtreiber, um die Intensität des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals zu steuern.
3. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste Feedback-Steuerungsabschnitt enthält:
eine Ausgangsphotodiode (PD) zur Erkennung des durch eine Ausgangsanszapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis abgetrennten, optischen Signals, zum Umwandeln des optischen Signals in ein elektrisches Signal und zum Zuführen des elektrischen Signals über einen Schalter zum Pump-LD-Steuerungsabschnitt.
4. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der zweite Feedback-Steuerungsabschnitt enthält:
eine in der Pump-LD vorgesehene PD zur Erkennung der Intensität des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals, zum Umwandeln des optischen Signals in ein elektrisches Signal und zum Zuführen des elektrischen Signals über einen Schalter zum Pump-LD-Steuerungsabschnitt.
5. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Schaltersteuerungsabschnitt enthält:
einen Stromsensor zum Erkennen der Intensität eines durch die Pump-LD fließenden Stroms;
einen Vergleichser zum Vergleichen des von dem Stromsensor empfangenen Strompegels; und
eine Schalterstromsteuerung zum Erzeugen eines Steuerungssignals an den Schalter auf der Basis des Vergleichsergebnisses, um einen korrespondierenden Feedback-Steuerungsabschnitt auszuwählen.
6. Analoge, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Schaltersteuerung ein Steuerungssignal zum Schalten des Schalters zum ersten Feedback-Steuerungsabschnitt bei Eingabe eines Vergleichsergebnisses vom Vergleichserzeugt, das anzeigt, daß der Strompegel der Pump-LD größer als der Bezugsstrompegel ist, und ein Steuerungssignal zum Schalten des Schalters zum zweiten Feedback-Steuerungsabschnitt bei Eingabe eines Vergleichsergebnisses vom Vergleichserzeugt, das anzeigt, daß der Strompegel der Pump-LD kleiner als der Bezugsstrompegel ist.
7. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung in einem optischen Faserverstärker mit zwei optischen Isolatoren, die jeweils am Eingang und am Ausgang angeordnet sind, zum Verhindern von Rückwärtsstößen eines optischen Übertragungssignals, einem Wellenlängenmultiplexer (WDM) zum Multiplexen eines extern eingegebenen, optischen Übertragungssignals und eines optischen Erregersignals, einer Pump-LD zum Erzeugen des Erregersignals, und einer Ausgangsanszapfung am Ausgangsende zum Aufteilen eines verstärkten, optischen Signals mit einem vorbestimmten Verhältnis, und die digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung enthält:
einen Pump-LD-Steuerungsabschnitt zum Umwandeln eines digitalen Steuerungssignals in ein analoges Signal und zum Zuführen einen Treiberstrom auf der Basis des analogen Signals, um die Pump-LD zu veranlassen, ein geeignetes, optisches Erregersignal auszugeben;
einen ersten Feedback-Steuerungsabschnitt zum Erkennen eines optischen Signal, das von der Ausgangsanszapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt wird, zum Umwandeln das optischen Signals in ein analoges Signal und zum Umwandeln des analogen Signals in ein digitales Signal;
einen zweiten Feedback-Steuerungsabschnitt zum Erkennen des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals, zum Umwandeln des Erregersignals in ein analoges Signal und zum Umwandeln des analogen Signals in ein digitales Signal;
einen Pump-LD-Vorstromsensorabschnitt zum Erkennen eines Vorstroms der Pump-LD und zum Umwandeln des erkannten, analogen Signals in ein digitales Signal; und
einen Mikroprozessor zum Vergleichen des Pegels des von dem Pump-LD-Vorstromsensorabschnitt empfangenen, digitalen Signals mit einem vom Benutzer voreingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert, und zum Steuern der Intensität des von der Pump-LD ausgegebenen, optischen Erregersignals entsprechend dem Vergleichsergebnis auf der Basis des von dem ersten Feedback-Steuerungsabschnitt empfangenen, digitalen Signals und einem anfangs eingestellten Bezugsausgangswert, um dadurch ein optisches Ausgangssignal konstant zu halten, oder zum Zuführen des digitalen Steuerungssignals zum Pump-LD-Treiberabschnitt, um das optische Erregersignal der Pump-LD auf der Basis des von dem zweiten Feedback-Steuerungsabschnitt empfangenen, digitalen Signals und einem anfangs von einem Benutzer eingestellten Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert konstant zu halten.
8. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Pump-LD-Steuerungsabschnitt enthält:
einen Digital-Analog-Wandler (D/A) zum Umwandeln des von dem Mikroprozessor empfangenen, digitalen Steuerungssignals in ein analoges Signal; und
einen Pump-LD-Treiber zum Zuführen eines Treiberstroms an die Pump-LD auf der Basis des Pegels des von dem D/A-Wandler empfangenen Signals, um die Pump-LD zu veranlassen, ein geeignetes, optisches Erregersignal aus-

zugeben.

9. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der erste Feedback-Steuerungsabschnitt enthält:

eine Ausgangs-PD zum Erkennen des optischen Signals, das von einer Ausgangsanszapfung mit einem vorbestimmten Verhältnis aufgeteilt wird, und zum Umwandeln des optischen Signals in ein analoges Signal; und einen ersten Analog-Digital-Wandler (A/D) zum Umwandeln des von der Ausgangs-PD empfangenen, analogen Signals in ein digitales Signal und zum Zuführen des digitalen Signals an den Mikroprozessor.

10. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der zweite Feedback-Steuerungsabschnitt enthält:

eine in der Pump-LD vorgesehene PD zum Erkennen des von der Pump-LD aus gegebenen, optischen Erregersignals und zum Umwandeln des optischen Signals in ein analoges Signal; und einen zweiten Analog-Digital-Wandler zum Umwandeln des von der PD empfangenen, analogen Signals in ein digitales Signal und zum Zuführen des digitalen Signals an den Mikroprozessor.

11. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Pump-LD-Vorstromsensorabschnitt enthält:

einen Pump-LD-Vorstromsensor zum Erkennen des Vorstroms der Pump-LD; und einen dritten Analog-Digital-Wandler zum Umwandeln des von dem Pump-LD-Vorstromsensor empfangenen, analogen Signals in ein digitales Signal und zum Zuführen des digitalen Signals an den Mikroprozessor.

12. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Mikroprozessor die Ausgabe des optischen Faserverstärkers über die Ausgangs-PD und den ersten D/A-Wandler liest, den durch den Pump-LD-Stromsensor erkannten Pump-LD-Vorstrompegel mit einem voreingestellten Pump-LD-Vorstromgrenzwert vergleicht, und die ausgelesene Ausgabe des optischen Faserverstärkers so steuert, daß sie gleich dem voreingestellten Bezugsausgabewert des optischen Faserverstärkers ist, falls der Pump-LD-Vorstrompegel kleiner als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist; und der Mikroprozessor zu einem anderen Steuerungsmodus wechselt, falls der Pump-LD-Vorstrompegel größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist, und eine über die PD der Pump-LD erkannte und von dem zweiten A/D-Wandler umgewandelte Pump-LD-Ausgabe so steuert, daß sie gleich einem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, der eine Pump-LD-Ausgabe zu dem Zeitpunkt ist, an dem der Pump-LD-Vorstrompegel größer als der Pump-LD-Vorstromgrenzwert ist.

13. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei der Mikroprozessor die über den ersten A/D-Wandler erkannte Ausgabe des optischen Faserverstärkers so steuert, daß sie gleich dem voreingestellten Bezugsausgabewert des optischen Faserverstärkers ist, durch Halten der Ausgabe des optischen Faserverstärkers gleich dem Bezugsausgabewert des optischen Faserverstärkers, falls beide gleich sind, durch wiederholtes Zuführen eines Steuerungssignals zum D/A-Wandler zum Vergrößern der Ausgabe des optischen Faserverstärkers um einen Schritt, bis die Ausgabe des optischen Faserverstärkers gleich dem Bezugsausgabewert des optischen Faserverstärkers ist, falls die Ausgabe des optischen Faserverstärkers kleiner als der Bezugsausgabewert ist, und durch wiederholtes Zuführen eines Steuerungssignals zum D/A-Wandler zum Verkleinern der Ausgabe des optischen Faserverstärkers um einen Schritt, bis die Ausgabe des optischen Faserverstärkers gleich dem Bezugsausgabewert des optischen Faserverstärkers ist, falls die Ausgabe des optischen Faserverstärkers größer als der Bezugsausgabewert ist.

14. Digitale, doppelt-automatische Leistungsregelungsvorrichtung nach Anspruch 12, wobei der Mikroprozessor die über die PD in der Pump-LD und den zweiten A/D-Wandler erkannte Ausgabe der Pump-LD so steuert, daß sie gleich dem voreingestellten Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, durch Halten der Ausgabe der Pump-LD gleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert, falls beide gleich sind, durch wiederholtes Zuführen eines Steuerungssignals zum D/A-Wandler zum Vergrößern der Ausgabe der Pump-LD um einen Schritt, bis die Ausgabe der Pump-LD gleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, falls die Ausgabe der Pump-LD kleiner als der Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, und durch wiederholtes Zuführen eines Steuerungssignals zum D/A-Wandler zum Verkleinern der Ausgabe der Pump-LD um einen Schritt, bis die Ausgabe der Pump-LD gleich dem Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist, falls die Ausgabe der Pump-LD größer als der Bezugs-Pump-LD-Ausgabewert ist.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

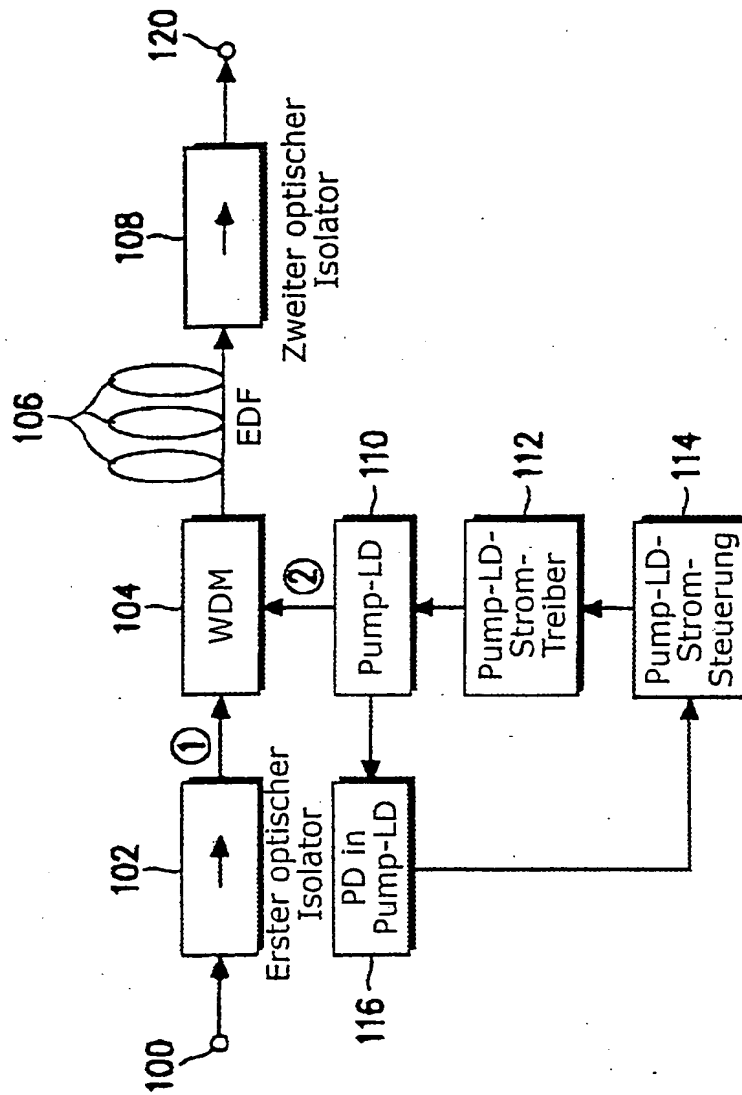


FIG. 1

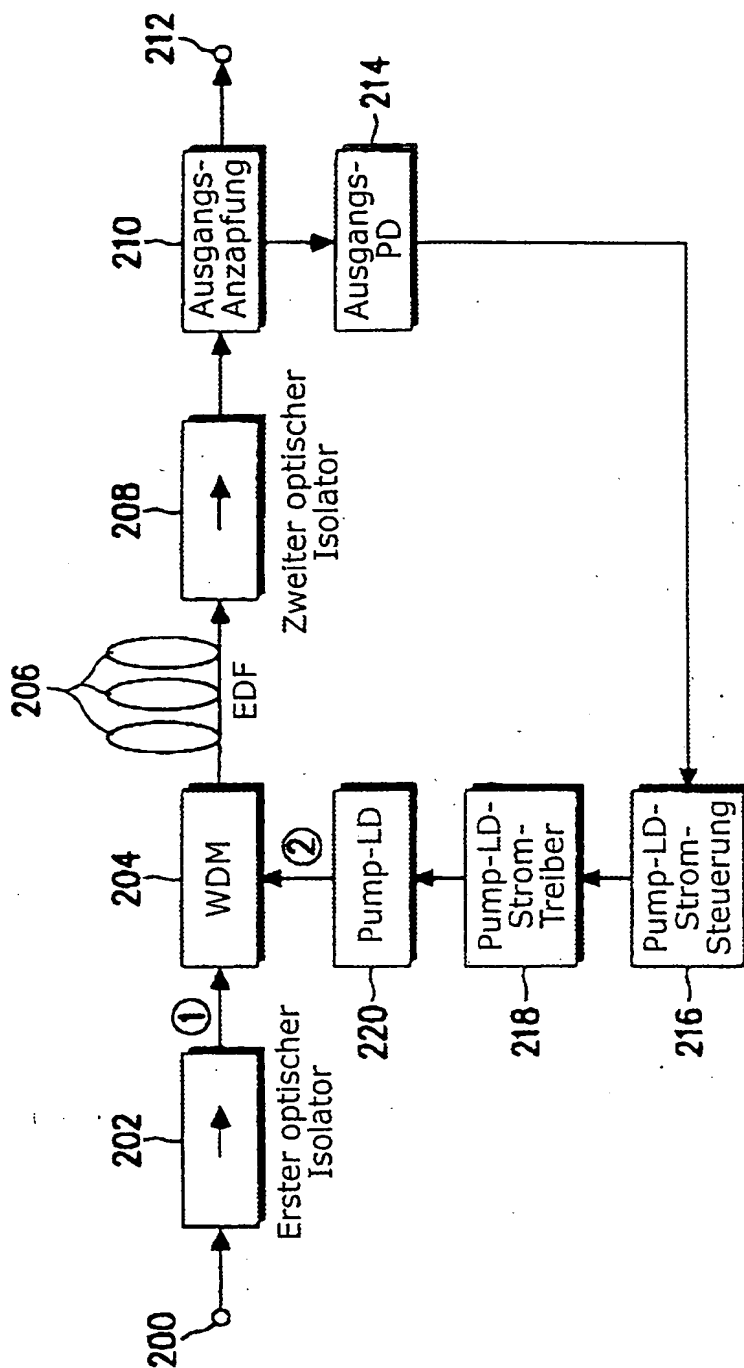


FIG. 2

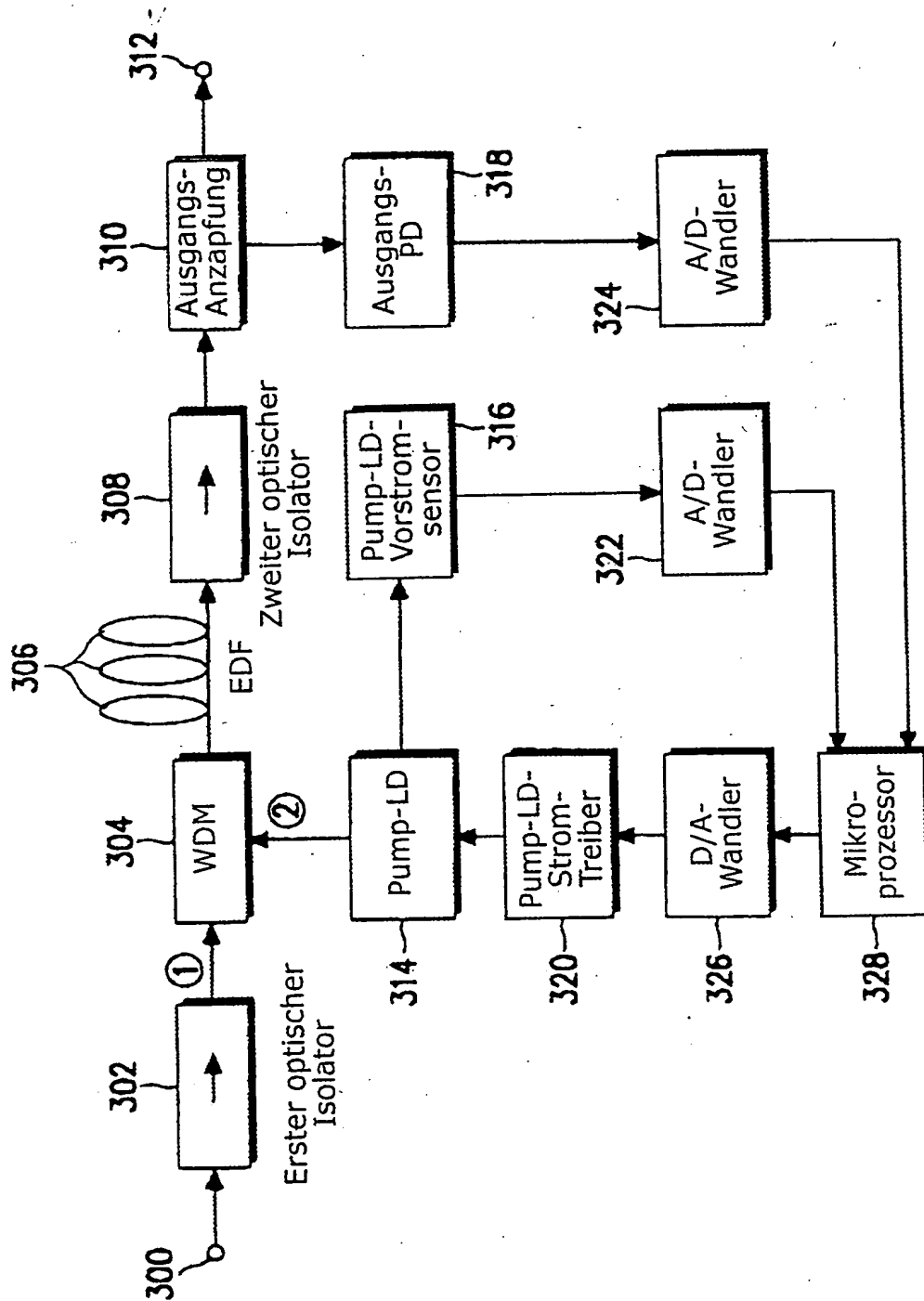


FIG. 3

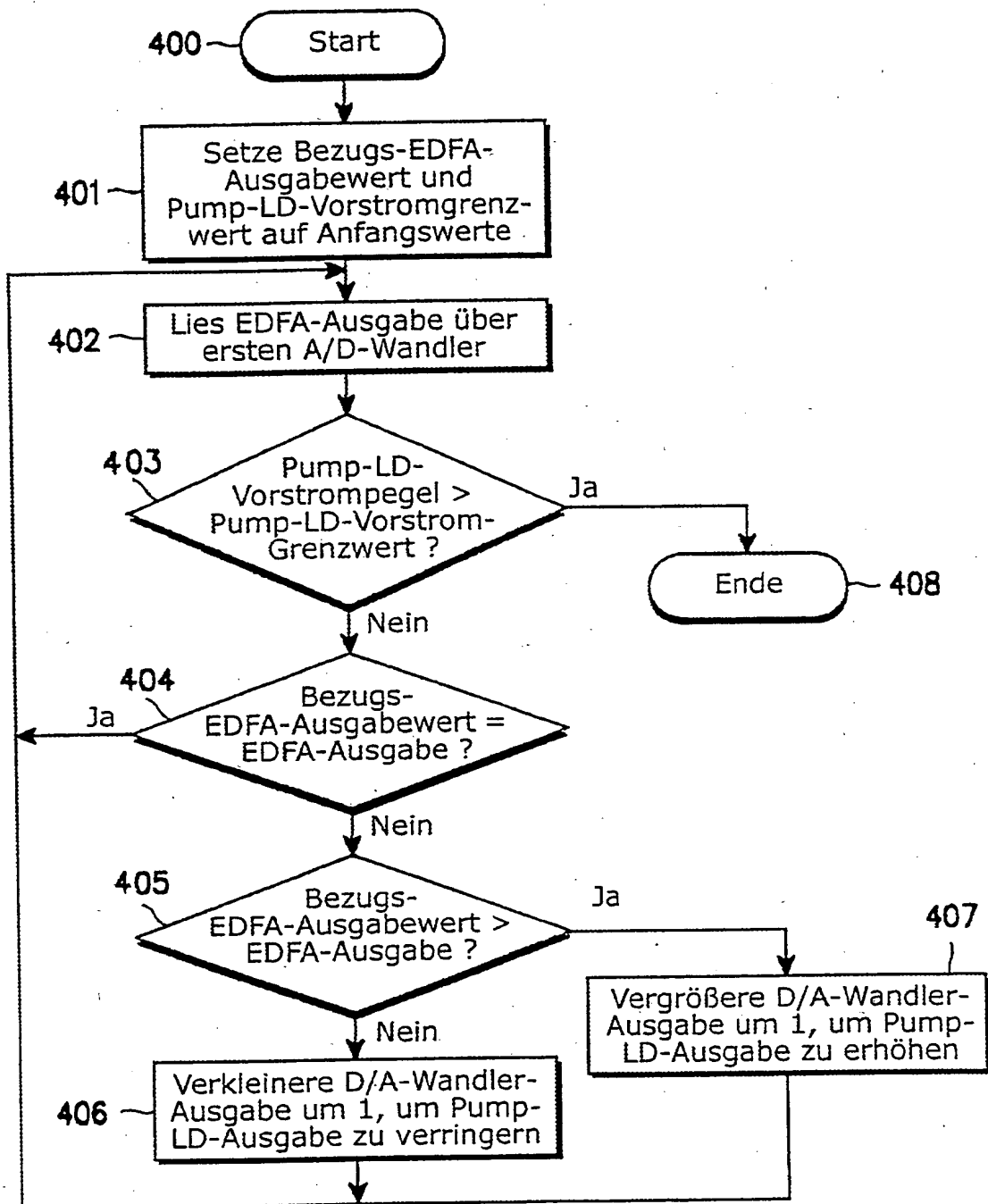


FIG. 4

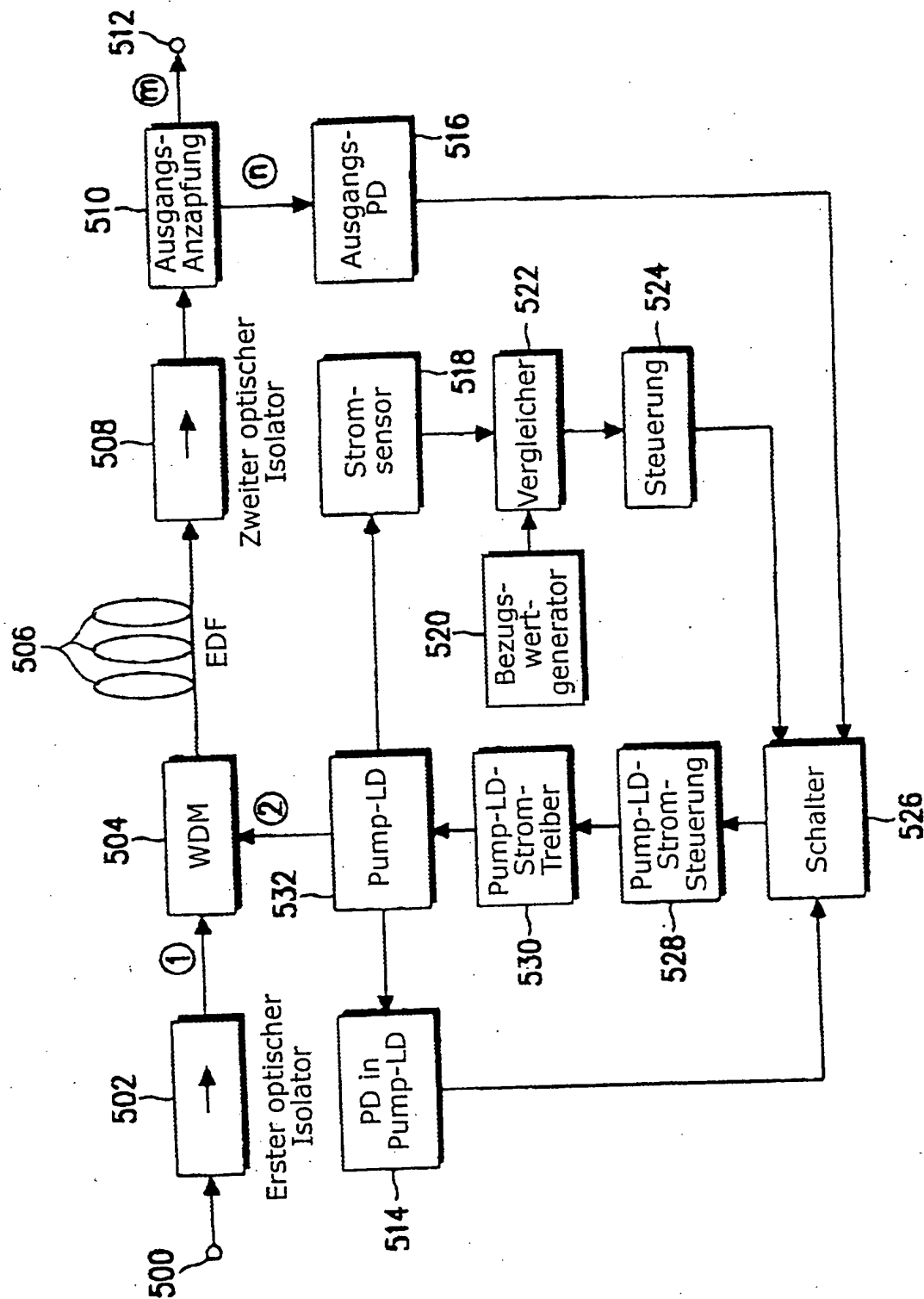


FIG. 5

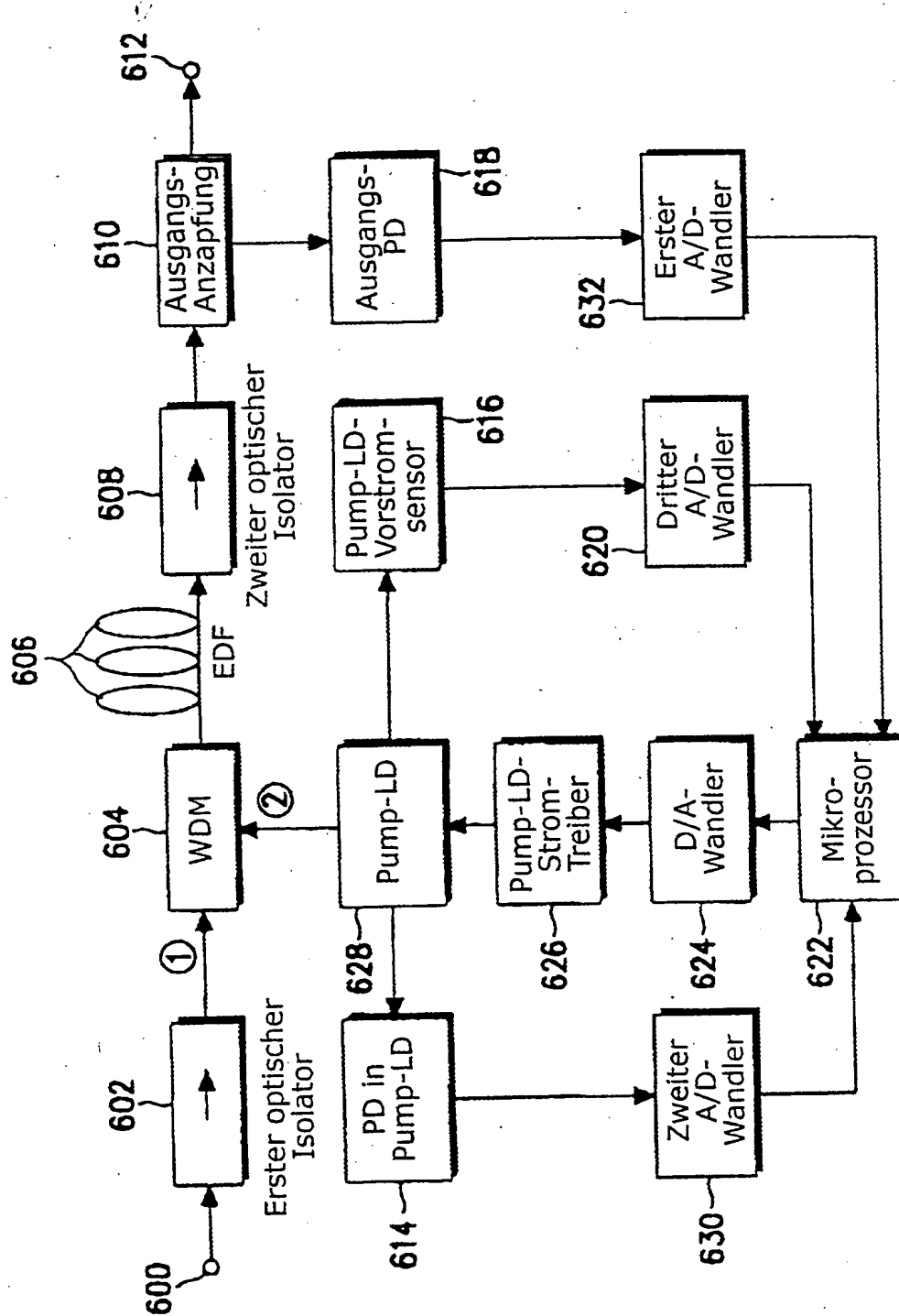


FIG. 6

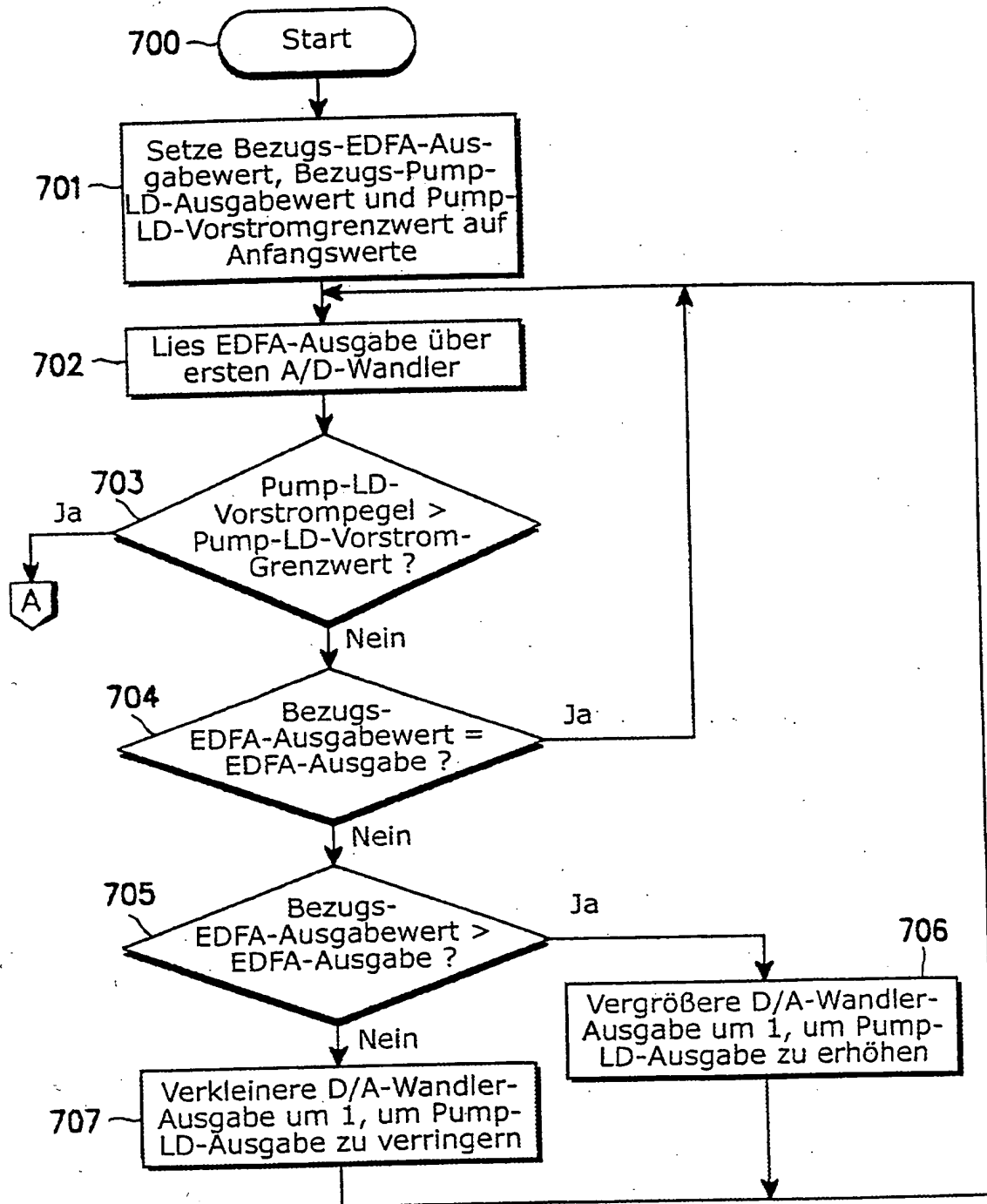


FIG. 7

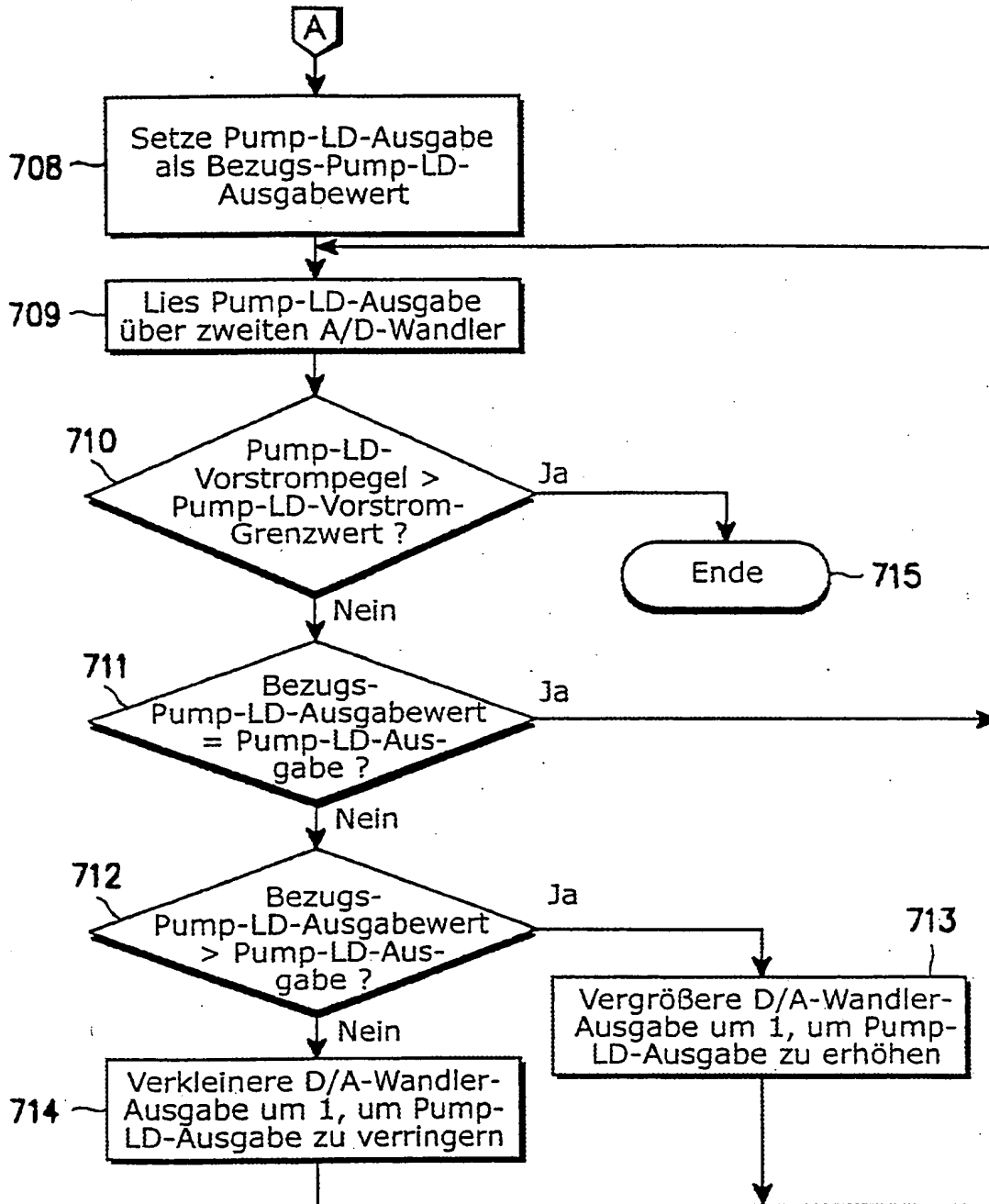


FIG. 7